

**STUDI PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE
GRAVITY DIE CASTING DAN *GRAVITY INVESTMENT*
CASTING TERHADAP *DENSITY*, POROSITAS, STRUKTUR
MIKRO DAN KEKERASAN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata 1
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

DIAN ANGGA PRAKOSO

D200160178

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE
GRAVITY DIE CASTING DAN *GRAVITY INVESTMENT*
CASTING TERHADAP *DENSITY*, POROSITAS, STRUKTUR
MIKRO DAN KEKERASAN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

Dian Angga Prakoso

D200160178

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Patna Partono, S.T., MT.

NIK.701

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE
GRAVITY DIE CASTING DAN GRAVITY INVESTMENT
CASTING TERHADAP DENSITY, POROSITAS, STRUKTUR
MIKRO DAN KEKERASAN**

OLEH

Dian Angga Prakoso
D200160178

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Senin, 7 Juni 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Patna Partono, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Masyrukan, M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Ir. Sunardi Wiyono, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 7 Agustus 2021

Penulis



Dian Angga Prakoso

D200160178

STUDI PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE *GRAVITY DIE CASTING* DAN *GRAVITY INVESTMENT CASTING* TERHADAP *DENSITY*, POROSITAS, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan metode pengecoran *gravity die casting* dan *gravity investment casting* terhadap *density*, porositas, struktur mikro dan nilai kekerasan dengan bahan baku Aluminium dari piston bekas. Pada penelitian ini menggunakan 2 metode pengecoran yaitu *gravity die casting* dan *gravity investment casting* dengan temperatur tuang pada 750°C. Pengujian komposisi kimia menggunakan *Emmision Spectrometry* (ASTM E-1251). Pengamatan porositas dilakukan dengan foto makro menggunakan mikroskop digital dan membandingkan hasil dari setiap variasi temperatur cetakan. Pengujian kekerasan menggunakan alat uji *Rockwell hardness tester* (ASTM E-384). Pengujian struktur mikro hasil coran menggunakan mikroskop metalografi (ASTM E3-11). Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan material ini mengandung komposisi (Al) 71,05%, (Si) 13,65%, (Cu) 7,178%, (Fe) 3,4508%, (Zn) 1,7870% dan unsur-unsur lainnya sampai 100%, menurut standar ASTM B-85 diklasifikasikan kedalam Aluminium Al-Si (Aluminium – Silicon) A413.0. Hasil perhitungan *density* benda uji dari *gravity die casting* 2,6972 gr/cm³ dan *gravity investment casting* 2,6764 gr/cm³. Hasil pengamatan porositas bahwa jumlah porositas mempengaruhi nilai *density*. Hasil pengamatan struktur mikro terdiri dari fasa α (Al) dan fasa β (Si). Butiran fasa beta (Si) pada *gravity investment casting* terlihat lebih besar dan jumlahnya sedikit. Pada *gravity die casting* butiran fasa beta terlihat lebih kecil dan jumlahnya lebih banyak. Besar, jumlah dan distribusi butiran beta mempengaruhi harga kekerasan. Hasil pengujian kekerasan dengan *gravity investment casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 86,84 HVN, *gravity die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 119,76 HVN.

Kata kunci : *gravity die casting*, *gravity investment casting*, Aluminium, porositas, struktur mikro, kekerasan

Abstract

This study aims to determine the comparison of *gravity die casting* and *gravity investment casting* methods on the *density*, porosity, micro structure and hardness value of aluminum from used pistons. In this study, using 2 casting methods, namely *gravity die casting* and *gravity investment casting* with a pouring temperature of 750 ° C. Chemical composition testing using *Emmision Spectrometry* (ASTM E-1251). Porosity observations were carried out with macro photos using a digital microscope and compared the results of each variation in print temperature. Hardness testing uses the *Rockwell hardness tester* (ASTM E-384). Testing of the microstructure of the castings using a metallographic microscope (ASTM E3-11). The chemical composition test results show that this material contains the composition of (Al) 71.05%, (Si) 13.65%, (Cu) 7.178%, (Fe) 3.4508%, (Zn) 1.7870% and elements. other up to 100%, according to the ASTM

B-85 standard classified into Aluminum Al-Si (Aluminum - Silicon) A413.0. The results of the calculation of the density of the specimen from gravity die casting 2.6972 gr / cm³ and gravity investment casting 2.6764 gr / cm³. The result of porosity observation shows that the amount of porosity affects the density value. The results of the microstructure observation consisted of α (Al) and β (Si) phases. Beta phase granules (Si) in gravity investment casting appear to be larger and in less quantity. If on gravity die casting the beta phase granules look smaller and have a larger number. Large, the number and distribution of beta grains affect the price of hardness. The results of hardness testing with Gravity Investment casting have a hardness value of 86.84 HVN, gravity die casting has a hardness value of 119.76 HVN.

Keywords: gravity die casting, gravity investment casting, Aluminum, porosity, microstructure, hardness

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern saat ini berkembang dengan sangat cepat, seiring berjalannya waktu dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia semakin kompleks. Dunia permesinan memiliki peran sangat penting dalam perkembangan teknologi saat ini. Banyak komponen mesin yang dibutuhkan memiliki kualitas dan ketelitian produk tinggi, oleh karena itu dibutuhkan proses manufaktur yang tepat. Dalam hal ini pengecoran logam merupakan salah satu metode untuk menghasilkan suatu produk berkualitas tinggi.

Pengecoran logam adalah salah satu metode pembuatan suatu produk dan berkembang menjadi berbagai macam jenis seiring berjalannya waktu, ditinjau dari jenis cetakannya digolongkan menjadi logam cetakan tetap dan tidak tetap. Pengecoran logam cetakan tetap di antaranya metode *high pressure die casting*, *low pressure die casting*, *squeeze casting*, *centrifugal casting* dan *gravity die casting*, sedangkan metode pengecoran cetakan tidak tetap di antaranya adalah *sand casting*, *investment casting* dan *lost foam casting*.

Gravity die casting adalah proses pengecoran bentuk logam yang mirip dengan pengecoran pasir, tetapi proses ini menggunakan cetakan konduktivitas termal yang tinggi dan permanen. Desain cetakan permanen dan fitur-fiturnya memiliki beberapa kesamaan dengan yang ada di cetakan pasir, tetapi cetakan itu sendiri harus terbuat dari bahan yang tahan lama dan mampu menahan penggunaan berulang. Bahan umum untuk cetakan permanen termasuk baja, besi, dan perunggu. Keuntungan dan kerugian dari pengecoran cetakan permanen

adalah biasanya dipilih untuk operasi produksi volume yang lebih tinggi atau ketika permukaan akhir yang unggul, struktur mikro, atau akurasi dimensi diperlukan. Biaya cetakan permanen cukup besar, peningkatan skala jumlah unit yang terjual. Solidifikasi yang cepat cenderung menciptakan struktur mikro yang halus, seringkali memberikan sifat yang unggul dibandingkan dengan pengecoran pasir. Namun, ukuran bagian cetakan terbatas pada pengecoran cetakan permanen, seperti halnya memilih paduan (Lorraine F. Francis, 2016). Biasanya digunakan untuk paduan pengecoran non ferrous, terutama dari aluminium. Dalam paduan ini penggunaan paling umum adalah untuk kepala silinder otomotif, piston, blok dan berbagai coran non automotif lainnya dimana pengecoran yang dirawat dengan panas seringkali dengan jarak lengan dendrit tertentu.

Investment casting yaitu jenis pengecoran polanya terbuat dari lilin (wax), dan cetakannya terbuat dari keramik. Dengan berkembangnya berbagai komponen yang memiliki bentuk semakin kompleks maka proses pengecoran menjadi cukup populer, sehingga komponen yang memerlukan bentuk dan dimensi yang rumit akan lebih mudah untuk dihasilkan. Pada dasarnya pengecoran adalah suatu proses penuangan cairan logam yang sudah diberi pola, sehingga pada logam cair yang dituang membeku dan dapat dibongkar atau dipindahkan dari cetakan tersebut (Muhammad Arsyad, 2018).

Proses *investment casting* kelebihanannya yaitu cocok untuk memproduksi parts dengan desain kompleks, sedangkan proses lain terlalu lama dan mahal tidak ada flash atau garis perpisahan. Jika tidak, teknologi *investment casting* dan akurasi dimensi lebih sederhana lebih baik dari proses lainnya (Diamond, 1965).

Dari uraian diatas, perlu kiranya untuk mengadakan penelitian terhadap Aluminium hasil dari variasi metode *gravity die casting* dengan *gravity investment casting*. Sehingga hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan oleh industri sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode pengecoran serta dalam tujuan meningkatkan nilai ekonomis dari produk.

2. METODE

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut : Mencari referensi dari berbagai literatur seperti buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun tugas akhir terdahulu. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pemilihan standart sebagai acuan dalam penelitian ini yang meliputi specimen, proses penelitian, dan proses pengujian. Standart yang digunakan adalah ASTM B85-03 untuk komposisi kimia ASTM E384-11 untuk pengamatan kekerasan menggunakan uji kekerasan Vickers, ASTM E3-11 untuk pengujian struktur mikro hasil coran menggunakan mikroskop metalografi. Melakukan proses pengecoran dengan metode gravity die casting dan gravity investment casting. Perlakuan etsa dilakukan pada specimen dengan standard E407-07 larutan Hidro Flourid Acid (0,5%) sebagai terlarut dan air (95%) sebagai pelarut. Dengan cara mencelupkan spesimen ke dalam cairan etsa selama 5 detik, kemudian spesimen diangkat dan di aliri air selama 10 detik. Pengetsaan dilakukan untuk mengikis batas butir struktur mikro spesimen agar terlihat jelas ketika difoto mikro. Spesimen yang sudah di etsa dilakukan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian yang sudah didapat dianalisa dan kemudian diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian specimen ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi Kimia

Pengujian ini dilakukan di laboratorium Material CV. Karya Hidup Sentosa. Pada hasil pengujian komposisi kimia terdapat 12 unsur tetapi hanya Si, Cu, Ni dan Fe yang dapat berpengaruh pada aluminium. Menurut klasifikasi pada standar ASTM B85-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Casting Aluminum* hampir mirip dengan jenis (Aluminium – Silicon) A413.0.

3.2 Perhitungan Density

Dalam perhitungan *density* dilakukan dengan cara mengukur volume specimen menggunakan gelas ukur dan menimbang berat specimen menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa dari specimen. Kemudian nilai hasil pengukuran dimasukkan kedalam rumus *density* :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

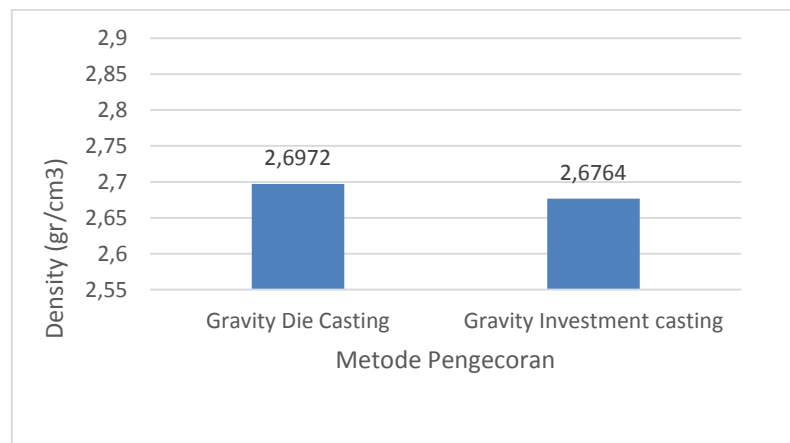
ρ = *Density* (gr/cm³)

m = massa (gr)

v = Volume (cm³)

Tabel 1. Perhitungan *Density* Produk Cor Aluminium

Variasi	Massa (gr)	Volume(cm ³)	<i>Density</i> (gr/cm ³)
<i>Gravity die casting</i>	9,98	3,70	2,6972
<i>Gravity investment casting</i>	10,01	3,74	2,6764

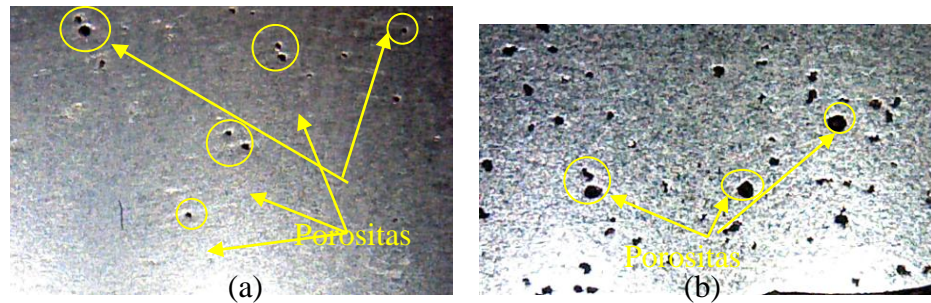


Gambar 1. Histogram nilai *density*

Berdasarkan gambar 1 metode pengecoran variasi *gravity die casting* nilai *density* 2.6972 gr/cm³ lebih banyak dibandingkan dengan *gravity investment casting* yang mempunyai nilai *density* 2.6764 gr/cm³. Ini dikarenakan adanya gypsum yang masuk kedalam pengecoran *gravity investment casting* sehingga menyebabkan porositas. Gypsum yang digunakan tidak menggunakan gypsum *casting*. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar *density* makan semakin sedikit porositasnya bwgitu sebaliknya.

3.3 Porositas

Pengamatan ini dilakukan dengan foto makro menggunakan *microscope digital* dan dilakukan perbandingan hasil dari setiap variasi cetakan.

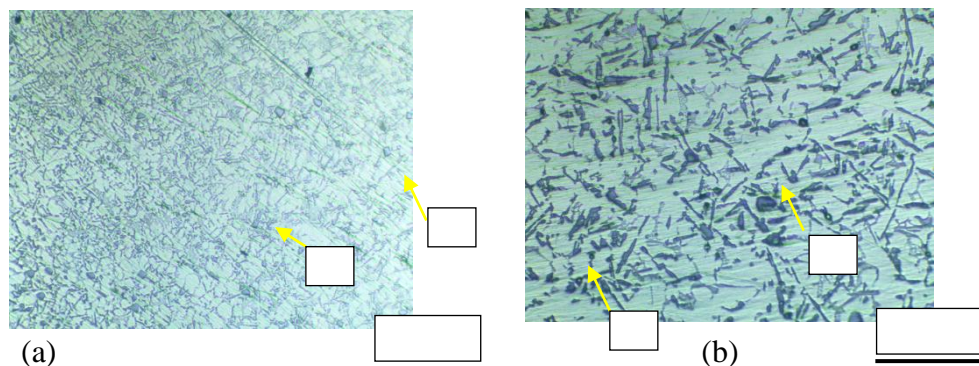


Gambar 2. Foto makro pengamatan porositas (a) Metode *gravity die casting* dan (b) Metode *gravity investment casting*

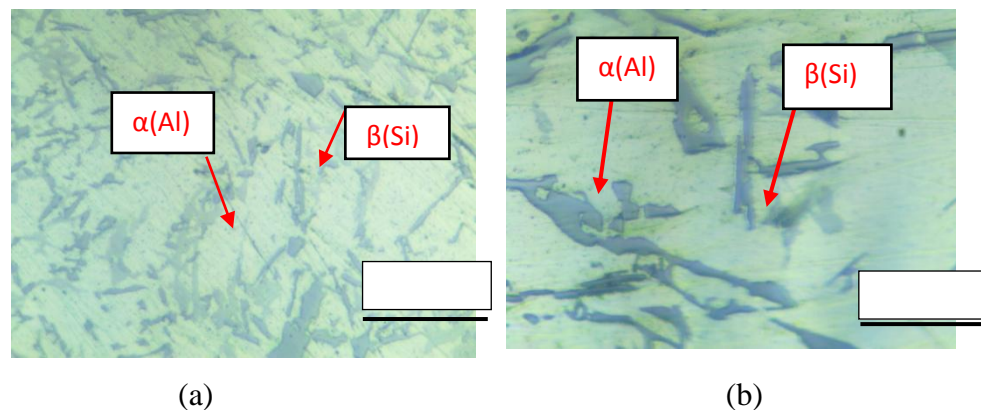
Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa metode *gravity die casting* mempunyai sedikit porositasnya dibanding *Gravity investment casting*. hal ini terjadi karena adanya gypsum yang masuk kedalam proses penuangan *gravity investment casting*. *Gravity die casting* mempunyai porositas lebih sedikit dan permukaan yang lebih halus, Hal ini dikarenakan cetakan yang digunakan terbuat dari besi, membuat tidak adanya material yang ikut kedalam pengecoran dan besarnya nilai *density* membuktikan bahwa nilai *density* berpengaruh pada bagian dalam produk coran (porositas). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai *density* sebuah material maka porositasnya semakin sedikit.

3.4 Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalografi, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). Menurut standar pengujian metalografi ASTM E3-11 untuk bahan aluminium dengan pembesaran 100x dan 500x didapatkan gambar sebagai berikut :



Gambar 3. Pengamatan struktur mikro pada pembesaran 100x(a) Metode *gravity die casting*, (b) Metode *gravity investment casting*



Gambar 4. Pengamatan struktur mikro pada pembesaran 500x (a) Metode *gravity die casting*, (b) Metode *gravity Investment casting*

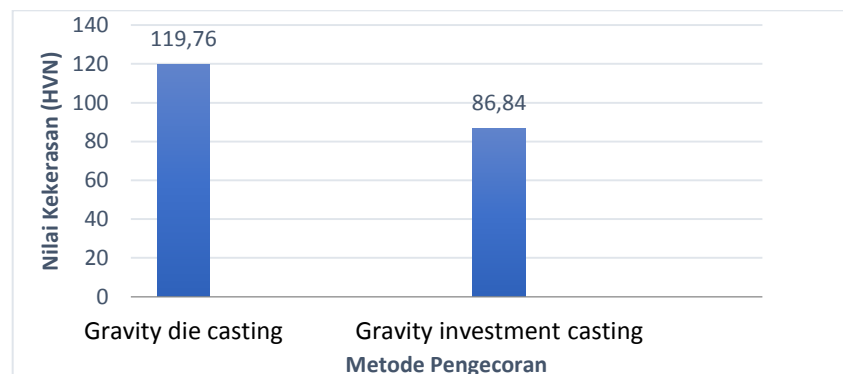
Struktur mikro dari produk coran Aluminium terdiri dari fasa α (Al) Aluminium dan fasa β (Si) Silikon. fasa α (Al) berwarna terang, fasa β (Si) berwarna gelap dan cenderung memanjang. Ketika laju pembekuan lama maka atom bergerak bebas untuk saling berikatan, maka fasa β akan terlihat besar namun tidak merata, apabila laju cepat pembekuan cepat maka fasa β (Si) ukuran lebih kecil namun lebih merata dan rapat. Pada metode pengecoran *gravity invesment casting* dapat dilihat fasa β (Si) terlihat mempunyai bentuk yang besar dan lebih renggang dari pada *gravity die casting*. Pada *gravity die casting* terlihat fasa β (Si) lebih padat dan lebih merata. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh nilai kekerasan terhadap ukuran, distribusi dan kerapatan pada fasa β (Si).

3.5 Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium bahan teknik departemen teknik mesin sekolah vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM) menggunakan metode *Portable Hardness Vickers* dengan standart ASTM E384-11 sehingga menghasilkan nilai kekerasan dengan pembebanan yang diberikan sebesar 20kgf

Tabel 2. Nilai Kekerasan Produk Cor.

Variasi	Titik uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan VHN	HVN Rata – rata (HVN)
<i>Gravity die casting</i>	1	0,60	122,58	119,76
	2	0,59	122,58	
	3	0,60	114,13	
<i>Gravity investment casting</i>	1	0,61	101,30	86,84
	2	0,83	54,48	
	3	0,60	104,74	



Gambar 5. Histogram perbandingan nilai kekerasan

Berdasarkan gambar 5 metode pengecoran *gravity investment casting* nilai kekerasan sebesar 86,84 HVN, metode pengecoran *gravity die casting* nilai kekerasan sebesar 119,76 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium. Nilai kekerasan diperkirakan dapat mengetahui gambaran tentang ukuran, distribusi dan kerapatan dari fasa β pada produk cor Aluminium. Semakin tinggi nilai kekerasan maka semakin kecil ukuran fasa β , dengan persebaran yang merata dan rapat. Unsur yang berpengaruh pada besarnya nilai kekerasan yaitu Si, Cu, Fe, Zn. Pada buku ASM vol. 2 *Properties and Selection : Non Ferrous and Special – Purpose Material*, Aluminium C443.0 mempunyai nilai kekerasan 65 HB yang setara dengan 69 HVN. Pada penelitian ini nilai dari kekerasan yang dihasilkan sudah melampaui dari standar yang ada. Hal ini dibuktikan dengan penelitian terdahulu dengan peneliti Helmy Purwanto dkk (2011)

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil Pengujian Komposisi kimia ditemukan unsur kimia berupa (Al) 71,05%, (Si) 13,65%, (Cu) 7,178%, (Fe) 3,4508%, (Zn) 1,7870% dan unsur-unsur lainnya. Dari hasil pengujian tersebut material ini diklasifikasikan kedalam Aluminium Al-Si (Aluminium – Silicon) 443.0 termasuk logam paduan cor Al-Si (seri 4xx.x).

Hasil pengujian *gravity die casting* mempunyai nilai $2,6972 \text{ gr/cm}^3$, *gravity investment casting* memiliki *density* $2,6764 \text{ gr/cm}^3$. Hasil pengamatan porositas

gravity investment casting terlihat lebih banyak dibanding *gravity die casting*. Hal ini dapat disimpulkan porositas mempengaruhi nilai *density*, semakin sedikit porositas maka nilai *density* semakin besar.

Hasil pengamatan struktur mikro terdiri dari fasa α (Al) dan fasa β (Si). dapat dilihat bahwa *gravity investment casting* memiliki fasa β (Si) yang lebih renggang dan berbentuk lebih besar, pada *gravity die casting* terlihat fasa β (Si) lebih padat dan lebih merata. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh nilai kekerasan terhadap ukuran, distribusi dan kerapatan pada fasa β (Si).

Hasil pengujian kekerasan dengan *gravity investment casting* memiliki nilai kekerasan 86,84 HVN, *gravity die casting* memiliki nilai kekerasan 119,76 HVN. Dari data tersebut menunjukkan metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium.

4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian dengan membaca studi literatur yang berkaitan dan studi lapangan karena banyak permasalahan yang terjadi pada saat proses pengecoran, membuat cetakan *gravity die casting* yang lebih efisien agar lebih mudah dalam membongkar cetakan, merancang cetakan lilin dengan baik agar saat membuat pola lilin meminimalisir kegagalan, membuat cetakan gypsum agar lebih efisien sehingga dapat dipakai berulang – ulang, mempersiapkan alat maupun bahan sebelum melakukan proses pengecoran guna mendapatkan hasil yang baik dan waktu yang efektif, saat melakukan pengecoran menggunakan alat Keselamatan Kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Metal Handbook Vol 2. ***Properties and Selection : Non ferrous and Special – Purpose Material***. ASM Handbook Commite. USA.
- Avner, S. H. 1974. ***Introduction to physical metallurgy*** (Vol. 2, pp. 481-497). New York: McGraw-hill.
- Budiyono, A. (2012). ***Peningkatan sifat mekanis aluminium bekas yang didaur ulang melalui inokulasi unsur tembaga***. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12-22.

- Callister, W. D. 2001. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.
- Diamond, H., 1965. *Investment Casting. A Manufacturing Possibility for Elberton*. Georgia Institute of Technology, Georgia.
- Ghofur, A. 2017. *Studi Sifat Mekanis Dan Fisis Daur Ulang Paduan Aluminium Silicon (Al-19% Si) Melalui Proses High Pressure Die Casting (Hpdc) Dan Gravity Casting (Gc)*. Universitas Muria Kudus, Kudus
- Hudaya, H., Fatra, W., & Masnur, D. (2016). *Pengaruh cetakan silicone rubber dan temperatur tuang lilin terhadap*. Jom FTEKNIK, 3(no 2), 1-6.
- Lorraine F. Francis. 2016. *Chapter 6-Dispersion and Solution Processes*. Materials Processing.
- Hasbi, M., Murdjani, & Arsyad, M. (2018). *Rancang bangun aplikasi perhitungan sistem saluran pada pengecoran logam*. Jurnal POROS TEKNIK, 10(NO 2), 1-5.
- Purwanto, Helmy, dkk. 2011. *Pengaruh Temperatur Cetakan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Alminium Daur Ulang (Al- 6,4%Si-1,93%Fe)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun Universitas Wahid Hasyim Semarang, Semarang
- Sesmaro Max Yuda, dkk. 2016. *Perancangan Sistem Saluran Cetakan Permanen Pada Logam Aluminium CC401 Dengan Penuangan Gravity Die Casting*. Jurnal Kajian Ilmiah, 16(3), 235-244.
- Tjitro, S., & Firdaus, F. 2000. *Pengecoran Squeeze*. Jurnal Teknik Mesin, 2(2), 109-11, Surakarta